

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

**FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659
AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio**

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N M 2 5 0 3 D 2 6 R I F V 1 4 B 0 0 1 1 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|---------------------------------------|-------------|---|
| A | Prima Emissione | G. Coppa | Aprile 2020 | S. Santopietro | Aprile 2020 | M. Berlingeri | Aprile 2020 | A. Perego Luglio 2022 |
| B | Revisione per prescrizioni enti | A. Figgiaconi <i>A. Figgiaconi</i> | Luglio 2022 | S. Scafa <i>S. Scafa</i> | Luglio 2022 | M. Berlingeri <i>M. Berlingeri</i> | Luglio 2022 | <p>ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MANTOVA DOTT. ING. PEREGO ANDREA Settore: a) civile ambientale b) industriale c) nell'edilizia n. 17/32428</p> |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: NM2503D26RIFV14B0011B.doc

n. Elab.:

|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|--------------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|--------------|---|---------|
| AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM25</td> <td>03 D 26</td> <td>RI</td> <td>FV 14 B0 011</td> <td>B</td> <td>1 di 14</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NM25 | 03 D 26 | RI | FV 14 B0 011 | B | 1 di 14 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NM25 | 03 D 26 | RI | FV 14 B0 011 | B | 1 di 14 | | | | | | | | |

Sommario

| | | |
|------|---|----|
| 1. | INTRODUZIONE..... | 2 |
| 2. | RIFERIMENTI NORMATIVI | 3 |
| 3. | INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO | 4 |
| 4. | ANALISI IDROLOGICA..... | 5 |
| 5. | CRITERI PROGETTUALI..... | 6 |
| 5.1. | METODO RAZIONALE | 6 |
| 5.2. | DIMENSIONAMENTO IDRAULICO..... | 7 |
| 6. | RETE ACQUE METEORICHE | 8 |
| 6.1. | DESCRIZIONE RETE DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE | 8 |
| 6.2. | VERIFICA RETE DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE | 8 |
| 6.1. | VERIFICA TRINCEE DISPERDENTI | 9 |
| 7. | COMPATIBILITA' IDRAULICA | 13 |

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

1. INTRODUZIONE

La presente relazione costituisce parte integrante del Progetto Definitivo “Raddoppio Codogno-Cremona-Mantova”.

Il Progetto Definitivo, compendia gli interventi necessari, nell’ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all’attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^ fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

La 1^ fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall’attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;
- Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

Il progetto prevede, nell’ambito della realizzazione della nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici, inoltre la riqualificazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova.

L’opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

Il presente documento illustra il sistema di drenaggio ed il relativo dimensionamento a servizio della stazione di Castellucchio (FV14). In particolare, vengono descritte tutte le fasi che hanno consentito il dimensionamento della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche e la compatibilità dell’opera con gli strumenti normativi vigenti, nello specifico con il PAI dell’AdbPO e il PGRA della Regione Lombardia.

Il sistema di drenaggio oggetto della presente relazione sarà costituito da una rete di raccolta e smaltimento delle acque provenienti dalla sola area adibita a parcheggio.

Le acque meteoriche saranno inviate a una vasca di laminazione composta da elementi disperdenti posizionata nell’area di parcheggio.

La scelta dei tempi di ritorno è stata effettuata in conformità a quanto previsto dalle indicazioni riportate nelle Manuale di Progettazione Ferroviaria 2020 RFI DTC SI CS MA IFS 001 E e del Regolamento Regionale 23 Novembre 2017 n.7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”. Nello specifico, ai fini della sicurezza, essendo il parcheggio prossimo alla sede ferroviaria è stato adottato un tempo di ritorno di 100 anni sia per il dimensionamento della rete delle acque che per la verifica del sistema disperdente.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2 - Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato al 2020 RFI DTC SI CS MA IFS 001 E.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
- D.M. 17 Gennaio 2018 Aggiornamento delle ««Norme tecniche per le costruzioni»» (G.U.n.42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale).
- Circolare 21 gennaio 2019 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Istruzione per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019 - Serie generale).
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016).
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano secondo ciclo (PGRA 2021) adottato in data 29 dicembre 2020 con Deliberazione n.3 la Conferenza Istituzionale Permanente.
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016.
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4; "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua".
- DGR 6738 del 19 giugno 2017. "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del Fiume Po".
- Testo coordinato del r.r. 23 novembre 2017, n. 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)» Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019.

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

3. INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO

L'area di progetto si trova nell'ambito della stazione ferroviaria di Castellucchio.

Nella seguente figura è riportata l'ubicazione del parcheggio in progetto in rosso e in giallo il sondaggio geognostico considerato ai fine della verifica del sistema disperdente (S15).

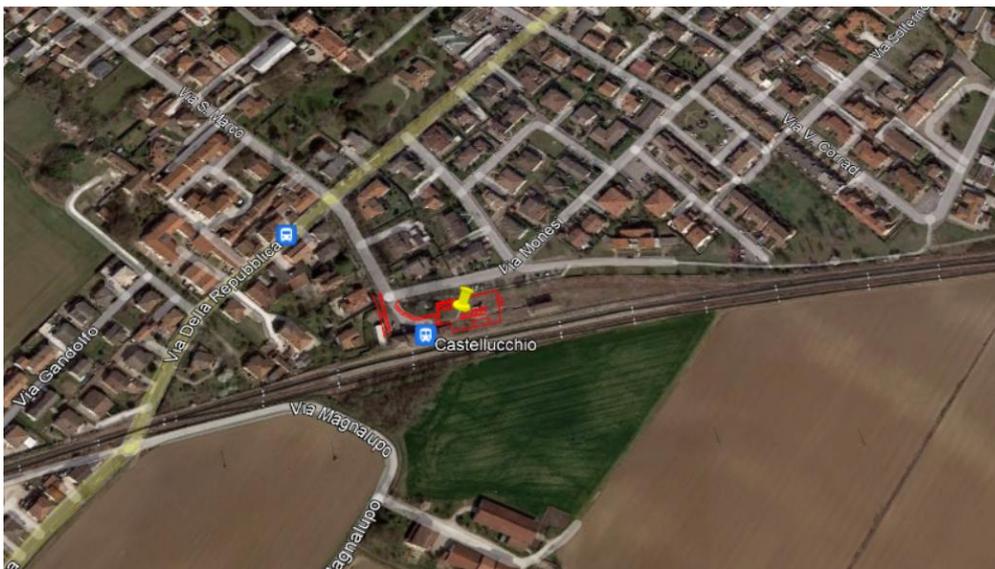


Figura 1 - Inquadramento stato di progetto

Di seguito i principali dati del sondaggio S51:

- Coordinate: UTM zona 32: E 629553 N 5000324
- Permeabilità: $k 1.2E-05$ m/s
- Soggiacenza: 3m
- Quota piezometro: 26.05 m slm

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|
|  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

4. ANALISI IDROLOGICA

La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione ferroviaria RFI RFIDTCSICSMAIFS001E e il Regolamento Regionale RR 7/2017 e smi.

La tabella seguente sintetizza la scelta del tempo di ritorno per tipologia di opere indicata nel Manuale di Progettazione cod. RFIDTCSICSMAIFS001E:

| | |
|--|-----------|
| • Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni.): | |
| | Tr [anni] |
| Linea ferroviaria | 100 |
| Deviazione stradali | 25 |
| • Fossi di guardia: | |
| | Tr [anni] |
| Linea ferroviaria | 100 |
| Deviazione stradali | 25 |

In accordo con la tabella sopraporta, il dimensionamento delle reti di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è stato effettuato considerando i seguenti tempi di ritorno T_r pari a 25 anni.

Inoltre, per quanto riguarda, nel rispetto del R.R. 7/2017 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”, sono stati rispettati i tempi di riferimento indicati nell’art.11:

- $T = 50$ anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di laminazione o anche infiltrazione con un adeguato grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell’importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani;
- $T = 100$ anni: tempo di ritorno da adottare per la verifica del grado di sicurezza delle opere come sopra dimensionate. Tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con $T 100$, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell’intorno. Il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

Di seguito si riepilogano i parametri delle LSPP di progetto per eventi meteorici con durate inferiori e superiori all’ora in funzione del tempo di ritorno.

Per durate d inferiori a 1 ora:

- $T_r 25$ anni $h=65.27d^{0.464}$
- $T_r 50$ anni $h=74.72d^{0.464}$
- $T_r 100$ anni $h=84.10d^{0.464}$

Per durate d superiori a 1 ora:

- $T_r 25$ anni per durate fino a 5ore $h=65.27d^{0.190}$ Per durate maggiori $h=60.74d^{0.232}$
- $T_r 50$ anni per durate fino a 6ore $h=74.72d^{0.185}$ Per durate maggiori $h=68.61d^{0.230}$
- $T_r 100$ anni per durate fino a 7ore $h=84.10d^{0.181}$ Per durate maggiori $h=76.42d^{0.228}$

Per maggiori approfondimenti si rimanda alla relazione idrologica NM2500D26RHID0000001B.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

5. CRITERI PROGETTUALI

Definita l'analisi idrologica, il dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è avvenuta secondo i seguenti iter:

- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica, definita la LSPP per fissato tempo di ritorno (Metodo razionale);
- Dimensionamento e verifica degli elementi di raccolta delle acque.

Nei paragrafi a seguire si riportano i criteri progettuali assunti nei due passi sopra descritti.

5.1. Metodo Razionale

Per il calcolo delle portate è stato utilizzato il metodo razionale.

La formula razionale per la previsione della portata di massima piena è direttamente dedotta dal metodo cinematico, nell'ipotesi che la durata della pioggia critica sia pari al tempo di corrivazione t_c :

$$Q = \frac{\phi h(t_c) A}{3.6 t_c}$$

dove:

- Q è la portata di piena espressa in m^3/s
- A è la superficie dell'area afferente in m^2
- ϕ è il coefficiente di deflusso adimensionale. Il coefficiente ϕ è un parametro tramite il quale si tiene globalmente conto del complesso delle perdite del bacino (infiltrazione nel terreno, ritenzione nelle depressioni superficiali) a causa delle quali la portata al colmo è minore della portata di pioggia. Il coefficiente ϕ è stato imposto fissando un valore pari a 1 per le superfici impermeabili, pari a 0.7 per le superfici semipermeabili, come l'area occupata dal bacino disperdente e gli stalli del parcheggio.
- h è l'altezza di precipitazione (mm) corrispondente ad una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione t_c e dipendente dal tempo di ritorno T_r .

La formula razionale è rigorosa sotto le seguenti ipotesi:

- intensità di precipitazione uniforme nello spazio e costante nel tempo;
- coefficiente di deflusso costante durante l'evento e indipendente dall'intensità di precipitazione;
- modello lineare stazionario di trasformazione afflussi-deflussi;
- portata nulla all'istante iniziale.

Considerata l'estensione limitata della superficie di interesse e la ridotta velocità all'interno delle condotte, nel progetto il tempo di corrivazione è stato considerato fisso pari a 3min per la verifica dei pluviali.

Per la verifica della rete il tempo di corrivazione è stato effettuato tramite la formula di Kirplich:

| | | | | | | |
|---|---|------------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

$$T_c = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

Con T_c tempo di corrivazione (S), L la lunghezza del percorso (m) e S la pendenza (m/m).

5.2. Dimensionamento idraulico

Definiti i parametri pluviometrici, il metodo di trasformazione afflussi/deflussi si effettua il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto. La verifica idraulica degli specchi in progetto viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove K, il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Gaukler-Strickler:

$$K = K_s R^{1/6}$$

Ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

- Q, portata (m³/s);
- I, pendenza media (m/m);
- A, sezione idrica (m²);
- K_s, il coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler, pari a 80 mm^{1/3} · s⁻¹ (tubazione in materiale plastico);
- R, raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

In base alle relazioni di cui sopra, è possibile verificare le differenti opere idrauliche, tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- la velocità minima di moto uniforme non deve essere inferiore a 0,5÷0,6 m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- la velocità massima non deve essere maggiore di 5 m/s, al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento deve essere non superiore al 70% per evitare che la condotta possa andare in pressione.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

6. RETE ACQUE METEORICHE

6.1. Descrizione rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche

Il sistema di drenaggio studiato per il parcheggio della stazione di Castellucchio consiste nell'utilizzo di elementi di intercettazione dei deflussi (caditoie) collegate tra loro verso il recapito da collettori in PEAD.

L'area individuata per la sosta degli autoveicoli è composta da una viabilità di collegamento in asfalto e da stalli auto in masselli autobloccanti. Il sistema di raccolta dei deflussi meteorici è composto da pozzetti in cls con caditoie in ghisa sferoidale 50x50 cm, collegate da tubazioni in PEAD di diametro variabile.

Nella seguente figura è rappresentata la schematizzazione della rete idraulica considerata nel calcolo.

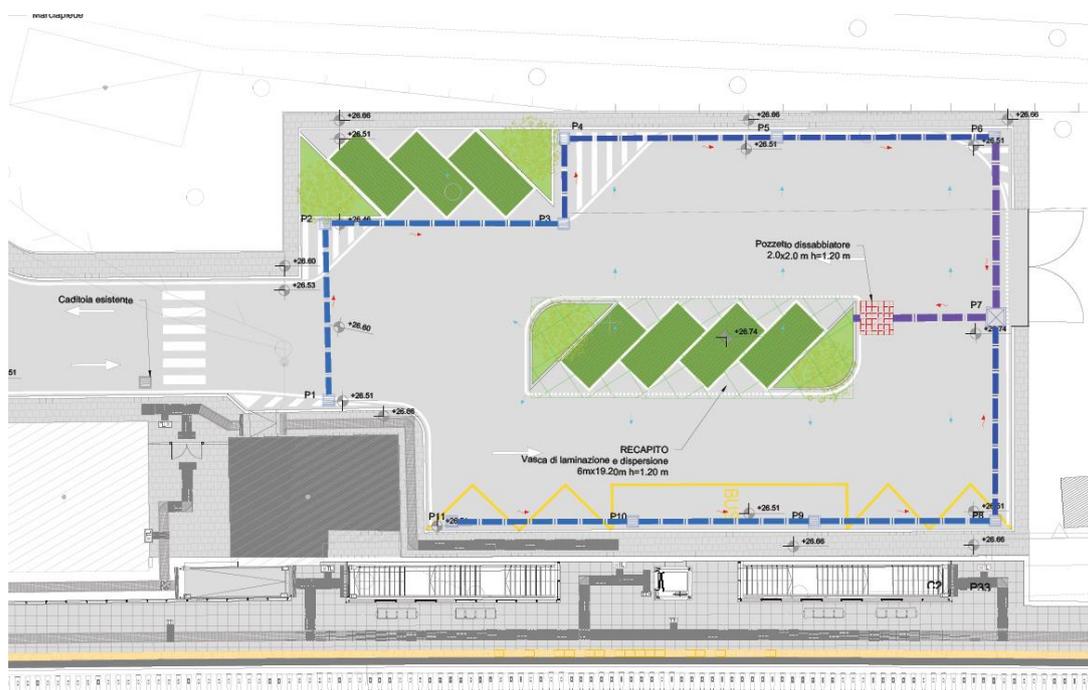


Figura 2 - Planimetria di smaltimento idrico elaborato NM2503D26P8FV14B0014B

Data la disposizione del fabbricato adiacente all'area di piattaforma dei binari di corsa il dimensionamento dell'intera rete è effettuato considerando un tempo di ritorno di 100 anni. La superficie della copertura completamente impermeabile ($\phi=1$) e del piazzale parzialmente permeabile ($\phi=0.7$) ha dimensioni limitate impone, quindi, l'utilizzo di curve con tempi di pioggia minori di un'ora.

6.2. Verifica rete di raccolta acque meteoriche

La verifica della nuova rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è stata effettuata nell'ipotesi di moto uniforme sfruttando la legge di Gauckler-Stricker secondo i criteri progettuali riportati nel paragrafo 5.2.

Si è provveduto alla verifica dei manufatti idraulici secondo i seguenti criteri progettuali:

- La rete è in grado di far defluire in sicurezza la portata di picco per un tempo di ritorno $Tr=100$ anni;
- Il grado di riempimento, inteso come rapporto tra l'altezza liquida ed il diametro interno del condotto, deve essere minore o uguale al 70%;
- La velocità minima non deve essere inferiore a 0,5 m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

- La velocità massima non deve superiore 4 m/s al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- La pendenza minima del condotto è stata fissata pari al 2‰;
- Coefficiente di Stricker pari a 80 m^{1/3}/s essendo tubazioni in PEAD.

Aseguire si riporta la verifica dei collettori previsti per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche.

| ID Pozzetto Monte | ID Pozzetto Valle | Quota fondo monte | Quota fondo valle | Tipologia | Pendenza tratto | Pendenza tratto | Lunghezza tratto | Progressiva | Diametro esterno | Diametro interno |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------|------------------|------------------|
| | | (m sim) | (m sim) | | - | (m/m) | | | | |
| P1 | P2 | 25.53 | 25.51 | PEAD DN315 | 0.0020 | 0.20 | 9.84 | 9.84 | 315 | 271 |
| P2 | P3 | 25.51 | 25.48 | PEAD DN315 | 0.0020 | 0.20 | 13.45 | 23.29 | 315 | 271 |
| P3 | P4 | 25.41 | 25.40 | PEAD DN400 | 0.0025 | 0.25 | 4.33 | 27.62 | 400 | 343 |
| P4 | P5 | 25.40 | 25.38 | PEAD DN400 | 0.0020 | 0.20 | 11.91 | 39.53 | 400 | 343 |
| P5 | P6 | 25.38 | 25.35 | PEAD DN400 | 0.0020 | 0.20 | 12.25 | 51.78 | 400 | 343 |
| P6 | P7 | 25.27 | 25.25 | PEAD DN500 | 0.0020 | 0.20 | 9.84 | 61.62 | 500 | 427 |
| P7 | D | 25.25 | 25.24 | PEAD DN500 | 0.0020 | 0.20 | 5.50 | 67.12 | 500 | 427 |
| P11 | P10 | 25.43 | 25.41 | PEAD DN315 | 0.0020 | 0.20 | 10.00 | 10.00 | 315 | 271 |
| P10 | P9 | 25.41 | 25.39 | PEAD DN315 | 0.0020 | 0.20 | 10.00 | 20.00 | 315 | 271 |
| P9 | P8 | 25.39 | 25.37 | PEAD DN315 | 0.0020 | 0.20 | 10.00 | 30.00 | 315 | 271 |
| P8 | P7 | 25.30 | 25.27 | PEAD DN400 | 0.0020 | 0.20 | 11.21 | 41.21 | 400 | 343 |

| ID Pozzetto Monte | ID Pozzetto Valle | Superficie scolante impermeabile | Superficie scolante semi-permeabile | Superficie scolante | Aree scolanti sottese | Coeff. Di deflusso Sup. scolante impermeabile | Coeff. Di deflusso Sup. scolante | Coeff. Di deflusso | Area totale | Tempo di corrivazione | Intensità di pioggia | Portata di picco | Portata di picco | Capacità | VERIFICA |
|-------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---|----------------------------------|--------------------|-------------|-----------------------|----------------------|------------------|------------------|----------|----------|
| | | (mq) | (mq) | (ha) | (ha) | (-) | (-) | (-) | (ha) | (min) | (mm/hr) | (m3/s) | (l/s) | (m3/s) | |
| P1 | P2 | 149 | 0 | 0.0149 | 0.0000 | 1.00 | 0.70 | 1.00 | 0.0149 | 5.000 | 318.5937 | 0.013 | 13.186 | 0.017 | OK |
| P2 | P3 | 101 | 76 | 0.0177 | 0.0149 | 1.00 | 0.70 | 0.87 | 0.0326 | 5.000 | 318.5937 | 0.025 | 25.134 | 0.029 | OK |
| P3 | P4 | 67 | 0 | 0.0067 | 0.0326 | 1.00 | 0.70 | 1.00 | 0.0393 | 5.000 | 318.5937 | 0.035 | 34.780 | 0.060 | OK |
| P4 | P5 | 81 | 15 | 0.0096 | 0.0393 | 1.00 | 0.70 | 0.95 | 0.0489 | 5.000 | 318.5937 | 0.041 | 41.289 | 0.054 | OK |
| P5 | P6 | 87 | 0 | 0.0087 | 0.0489 | 1.00 | 0.70 | 1.00 | 0.0576 | 5.000 | 318.5937 | 0.051 | 50.984 | 0.054 | OK |
| P6 | P7 | 97 | 0 | 0.0097 | 0.0576 | 1.00 | 0.70 | 1.00 | 0.0673 | 5.096 | 315.3647 | 0.059 | 58.956 | 0.097 | OK |
| P7 | D | 0 | 0 | 0.0000 | 0.1087 | 1.00 | 0.70 | 1.00 | 0.1087 | 5.443 | 304.4309 | 0.092 | 91.935 | 0.097 | OK |
| P11 | P10 | 126 | 16 | 0.0141 | 0.0000 | 1.00 | 0.70 | 0.97 | 0.0141 | 5.000 | 318.5937 | 0.012 | 12.097 | 0.017 | OK |
| P10 | P9 | 99 | 16 | 0.0115 | 0.0141 | 1.00 | 0.70 | 0.95 | 0.0256 | 5.000 | 318.5937 | 0.022 | 21.738 | 0.023 | OK |
| P9 | P8 | 71 | 16 | 0.0087 | 0.0256 | 1.00 | 0.70 | 0.95 | 0.0343 | 5.000 | 318.5937 | 0.029 | 28.707 | 0.029 | OK |
| P8 | P7 | 71 | 0 | 0.0071 | 0.0343 | 1.00 | 0.70 | 1.00 | 0.0414 | 5.000 | 318.5937 | 0.037 | 36.652 | 0.054 | OK |

| ID Pozzetto Monte | ID Pozzetto Valle | Altezza | Coeff. di Manning | Coeff. di Strickler | Riempimento | Tirante | Pendenza | Wet angle | Area bagnata | Perimetro bagnato | Raggio idraulico | Velocità | Portata (capacità) |
|-------------------|-------------------|---------|-------------------|---------------------|-------------|---------|----------|-----------|----------------|-------------------|------------------|----------|--------------------|
| | | m | - | - | % | m | m/m | rad | m ² | m | - | m/s | m ³ /s |
| P1 | P2 | 0.271 | 0.0125 | 80 | 0.50 | 0.14 | 0.002 | 3.142 | 0.029 | 0.426 | 0.068 | 0.6 | 0.02 |
| P2 | P3 | 0.271 | 0.0125 | 80 | 0.70 | 0.19 | 0.002 | 3.965 | 0.043 | 0.537 | 0.080 | 0.7 | 0.03 |
| P3 | P4 | 0.343 | 0.0125 | 80 | 0.70 | 0.24 | 0.003 | 3.965 | 0.069 | 0.680 | 0.102 | 0.9 | 0.06 |
| P4 | P5 | 0.343 | 0.0125 | 80 | 0.70 | 0.24 | 0.002 | 3.965 | 0.069 | 0.680 | 0.102 | 0.8 | 0.05 |
| P5 | P6 | 0.343 | 0.0125 | 80 | 0.70 | 0.24 | 0.002 | 3.965 | 0.069 | 0.680 | 0.102 | 0.8 | 0.05 |
| P6 | P7 | 0.427 | 0.0125 | 80 | 0.70 | 0.30 | 0.002 | 3.965 | 0.107 | 0.846 | 0.126 | 0.9 | 0.10 |
| P7 | D | 0.427 | 0.0125 | 80 | 0.70 | 0.30 | 0.002 | 3.965 | 0.107 | 0.846 | 0.126 | 0.9 | 0.10 |
| P11 | P10 | 0.271 | 0.0125 | 80 | 0.50 | 0.14 | 0.002 | 3.142 | 0.029 | 0.426 | 0.068 | 0.6 | 0.02 |
| P10 | P9 | 0.271 | 0.0125 | 80 | 0.60 | 0.16 | 0.002 | 3.544 | 0.036 | 0.480 | 0.075 | 0.6 | 0.02 |
| P9 | P8 | 0.271 | 0.0125 | 80 | 0.70 | 0.19 | 0.002 | 3.965 | 0.043 | 0.537 | 0.080 | 0.7 | 0.03 |
| P8 | P7 | 0.343 | 0.0125 | 80 | 0.70 | 0.24 | 0.002 | 3.965 | 0.069 | 0.680 | 0.102 | 0.8 | 0.05 |

Tabella 1 Verifica rete acque meteoriche

Per i dettagli relativi al posizionamento dei pozzetti e all'intero sistema di raccolta e smaltimento si rimanda all'elaborato "AREA PARCHEGGIO - Planimetria di drenaggio" cod. NM2503D26P8FV14B0014B.

6.1. Verifica trincee disperdenti

Il recapito finale della rete di raccolta delle opere in progetto è un sistema di infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo realizzato con moduli parallelepipedi in materiale plastico con volume di ritegno pari al 95% del volume totale. I moduli sono componibili per realizzare la vasca delle volute dimensioni; sono inoltre carrabili per ricoprimenti minimi di 80 cm e vengono avvolti esternamente con geotessile per evitare il trasferimento del materiale all'interno della trincea. Il rinterro viene effettuato con materiale di elevate capacità drenanti ben costipato (ghiaia, ghiaietto).

Questi moduli hanno una doppia funzione, disperdono e contemporaneamente laminano le portate in arrivo.

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

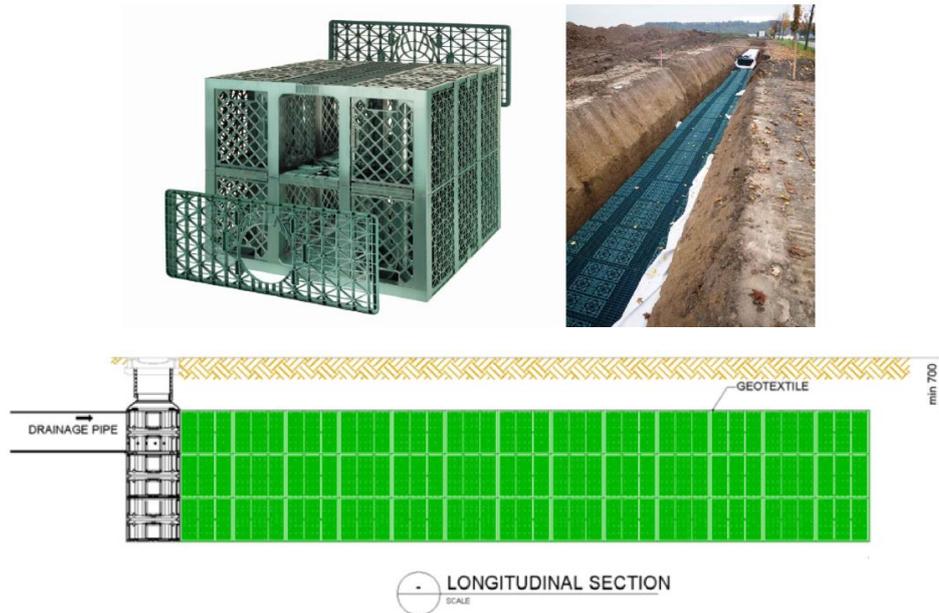


Figura 3 Tipologico di trincea drenante con moduli in materiale plastico

La trincea sarà a forma rettangolare con un'impronta di 6x19.2mq e una profondità utile di 1.2m.

Prima dell'immissione nel sottosuolo le acque sono inviate in un pozzetto di dimensioni 2.0x2.0 m e altezza 1.2 m al fine di favorire la sedimentazione delle dei solidi sospesi.

Il valore della conducibilità idraulica nell'area interessata dal Progetto è stato stimato in funzione del valore di permeabilità stimato a una profondità di 2m da pc, al fine di considerare il valore di permeabilità dello strato di terreno interessato dalla dispersione delle acque meteoriche.

Il sondaggio più prossimo all'area di intervento è stato quello identificato come "S51". Di seguito si riportano i principali dati della prova LeFranc effettuata nel sondaggio di riferimento.

- Coordinate UTM WGS84: E 629553 m, N 5000324 m
- Profondità di esecuzione prova LeFranc: 2 m da pc
- Coefficiente di permeabilità: K. 1.2E-05 m/s
- Soggiacenza media della falda: 3 m da pc

Si rimanda alla relazione geologica per maggiori dettagli, cod. NM2500D69RGGE0001001A.

Il calcolo del volume da assegnare alla vasca di laminazione V, necessario per laminare la portata in arrivo dalla piattaforma è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie S, al variare del tempo di pioggia tP (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$V = V_{IN} - V_{OUT}$$

con:

- V_{IN} , volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

$$V_{IN} = S \cdot \phi \cdot h(t) = S \cdot \phi \cdot a \cdot t^n$$

Dove ϕ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

Tale ipotesi è valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso.

Per la pioggia di progetto si farà riferimento ad eventi con tempo di ritorno di 100 anni e durata superiore all'ora, con la curva di possibilità pluviometrica più cautelativa individuata nella relazione idrologica NM2500D26RHID0000001B di riferimento in funzione della durata critica dell'evento.

- V_{OUT} , volume di pioggia in uscita dal sistema nello stesso intervallo di tempo si può esprimere

$$V_{OUT} = K_j S t_p$$

Il calcolo dell'andamento temporale dei volumi drenati nel sottosuolo a dispersione (V_{out}), è stato effettuato utilizzando lo schema di moto filtrante secondo la formulazione:

$$Q_U = K_j S$$

Dove k rappresenta la conducibilità idraulica, S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso e J la cadente idraulica (posta pari a 1).

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il volume da assegnare al sistema di invaso sarà dunque:

$$V_{max} = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Nel progetto in essere le superfici oggetto di intervento sono:

| Superficie semi-impermeabile (parcheggio) | Superficie impermeabile | Superficie semi-impermeabile (area elementi disperdenti) | Coefficiente Superficie semi-impermeabile (parcheggio) | Coefficiente Superficie impermeabile | Coefficiente Superficie semi-impermeabile (area elementi disperdenti) | Saffernte [m2] | Saffernte [ha] | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|--|--------------------------------------|---|----------------|----------------|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| 136.6 | 1043.2 | 115.2 | 0.7 | 1.00 | 0.70 | 1219.46 | 0.12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Permeabilità K [m/s]*</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>1.20E-05</td> <td colspan="7"></td> </tr> </table> | | | | | | | | Permeabilità K [m/s]* | | | | | | | | 1.20E-05 | | | | | | | |
| Permeabilità K [m/s]* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.20E-05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabella 2 Dati di base per la verifica della trincea disperdente

Il calcolo del volume disponibile è quindi dato dalle caratteristiche geometriche della vasca (larghezza x lunghezza x altezza della vasca):

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

| b [m] | H _{max} [m] | Atrincea [m ²] | Lung [m] |
|----------|-------------------------|-------------------------------|-------------|
| 6.00 | 1.20 | 7.20 | 19.20 |

Tabella 3 Geometria della trincea disperdente

La trincea drenante così dimensionata garantisce il doppio funzionamento a dispersione e laminazione.

La tabella seguente mostra che l'infiltrazione massima stimata è pari a 0.001935 mc/s, comportando un coefficiente di sicurezza, inteso come rapporto tra il volume disponibile e invasato, pari a 1.28.

| TIPOLOGIA | V invasato [m ³] | Q filtrazione max [m ³ /s] | VERIFICA | Coeff. Sicurezza |
|------------------|---------------------------------|---|----------|------------------|
| Trincea drenante | 124.83 | 0.001935 | OK | 1.28 |

Tabella 4 Verifica capacità trincea disperdente

Nello scenario di progetto, sulla base dei parametri sopra descritti, si ipotizza che il massimo volume invasato sia pari a 97.51 mc. Nell'arco di 48 ore, nella trincea rimane disponibile un volume pari a 124.83 mc, garantendo quindi la capacità necessaria a soddisfare un secondo evento meteorico, come richiesto nel RR 7/2017. La tabella seguente mostra la verifica del tempo di svuotamento e la capacità della trincea a permettere l'invaso e la dispersione di due eventi meteorici ravvicinati.

| V max invasato [m ³] | Q _{filtr} [m ³ /s] | t _{svuot} [h] | Volume disperso a 48h | Acqua in vasca a 48h | Volume disponibile a 48h | Ver. secondo evento (Reg. Lombardia) |
|--|---|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|--|
| 97.51 | 0.00177243 | 15.28 | 306.28 | 0.00 | 124.83 | OK |

Tabella 5 Verifica tempo di svuotamento trincea disperdente

La quota di scorrimento della condotta in ingresso alla trincea disperdente è pari a 25.24 m slm. Considerando un'altezza della trincea pari a 1.2m, si desume che la quota del fondo dell'opera disperdente sia pari a 24 m slm. La quota del piezometro S51 è pari a 26. m slm, ed assumendo una soggiacenza della falda intorno a 3 m, si presume che il livello della falda raggiunga la quota di 23 m slm, posizionandosi quindi a un dislivello di 1 m rispetto al fondo dell'opera disperdente.

Il comune di Castellucchio rientra nei comuni a media criticità idraulica B di cui all'articolo 7 dell'R.R. 7/2017, per i quali viene richiesto un volume minimo di invasato pari a 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, secondo l'art.art.12 R.R. 7/2017 comma 2 lettera b). Il volume disponibile dalla trincea è pari a 124.83 mc, maggiore di 61 mc, ottenuti come prodotto tra 500 mc/ha imp, 1295 mq di superficie totale e il coefficiente medio ponderato 0.94.

| | | | | | | |
|--|---|------------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA – MANTOVA FV14 - FERMATA DI CASTELLUCCHIO - km 78+659 | | | | | |
| | AREA PARCHEGGIO - Relazione idraulica di drenaggio | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 D 26 | CODIFICA RI | DOCUMENTO FV 14 B0 011 | REV. B |

7. COMPATIBILITA' IDRAULICA

Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione emerge che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto è esterna alle zone perimetrate dal PAI dell'AdBPO (Agg.2021) e dal PGRA (agg. Decreto del Segretario Generale 316 del 03/08/2021).

La realizzazione del piazzale e delle pertinenze oggetto della presente relazione non peggiorano il deflusso idrico rispetto allo stato di fatto, poiché l'area è già oggetto di opere di urbanizzazione. L'intervento, inoltre, è un intervento di interesse pubblico, si rimanda quindi alle indicazioni fornite dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Po.

Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.
3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.

A seguire si riporta la sovrapposizione delle aree perimetrate a pericolosità idraulica dagli strumenti normativi sopracitati (in blu) e l'area di progetto (in rosso).



Figura 4 – Compatibilità idraulica parcheggio stazione di Castellucchio